

Ларионов М.Ю., студент;
Гроховский В.И., доц., канд. техн. наук;
Оштрах М.И., вед. науч. сотр., д-р физ.-мат. наук

ИЗУЧЕНИЕ ФОСФИДОВ В ЖЕЛЕЗНОМ МЕТЕОРИТЕ СИХОТЭ-АЛИНЬ

Исследование внеземного вещества представляет интерес для различных направлений науки. Например, считается что метеориты, и особенно железные метеориты, могли сыграть ключевую роль в эволюции жизни на Земле, являясь поставщиком фосфора на Землю. Как выяснилось, фосфор является аккумулятором и переносчиком энергии во всех живых организмах, кроме того, он создаёт некий каркас в молекулах ДНК и РНК, которые образуют генетический код живого организма. Таким источником фосфора в метеоритах может являться соединение $(\text{Fe}, \text{Ni})_3\text{P}$ - минерал шрейберзит.

Шрейберзит не известен среди минералов земных горных пород. В железных метеоритах шрейберзит является аксессуарным минералом, среднее содержание его около 1%, лишь в некоторых достигает нескольких процентов. Это белый (или слегка жёлтый) магнитный минерал с металлическим блеском, не травящийся металлографическими реактивами, твёрдый и хрупкий. Морфологические разновидности фосфидов обусловлены различными видами фазовых превращений в системе Fe-Ni-P. В образцах метеорита Сихотэ-Алинь наблюдаются массивные включения шрейберзита (до нескольких см) и два морфологических вида рабдита – тонкие длинные стержни (около 1 мкм в сечении) и ориентированные тонкие пластины (десятки мкм в ширину). Менее изучены сложная кристаллическая и тонкая магнитная структуры фосфидов $(\text{Fe}, \text{Ni})_3\text{P}$ в зависимости от состава и стехиометрии.

Наиболее распространенными методами фазового анализа вещества являются рентгеновская дифракция и мессбауэровская спектроскопия. В литературе имеется лишь один мессбауэровский спектр шрейберзита из метеорита Tolusa и спектр синтетически полученного $(\text{Fe}, \text{Ni})_3\text{P}$. Рабдит же вообще не изучался, что связано со значительной трудностью выделения. Для исследования фосфидов с помощью эффекта Мессбауэра необходимо выделить фазу в чистом виде. Известные механические методы применимы только к крупным включениям - шрейберзиту. Химический метод выделения основан на большей устойчивости фосфидов против действия неокисляющих кислот. С помощью механического выделения и обработки в 1 н. растворе соляной кислоты удалось получить образец крупных включений фосфида – шрейберзита.

С полученного образца шрейберзита был снят мессбауэровский спектр. Спектр имеет довольно сложную структуру. Это суперпозиция как минимум 5 секстетов и 2 дублетов. В сопоставлении с известными данными секстет 1 ($H_{\text{эфф}} = 334,5 \pm 1,2$ кЭ) можно интерпретировать как α -железо, секстеты 2, 4 и 5 ($H_{\text{эфф}} = 250,7 \pm 1,2$ кЭ, $191,4 \pm 1,2$ кЭ и $158,1 \pm 1,2$ кЭ соответственно) могут принадлежать фосфиду железа. Три секстета соответствуют различному положению трёх атомов железа в кристаллической решетке шрейберзита. Дополни-

тельное введение двух дублетов и секстета 3 уменьшает погрешность, однако к настоящему времени не удалось идентифицировать фазы, дающие эти линии.

В различных опытах по химическому выделению фосфидов были получены неудовлетворительные результаты (выделяются только крупные частицы шрейберзита, а рабдит растворяется), что можно объяснить несколькими причинами: разрушение неустойчивых фосфидов путём гидрирования их активным водородом и растворение изолированных фосфидов железа под действием кислых ионов водорода. Для выделения рабдита необходимо было найти такой режим, при котором предотвращалась бы возможность соприкосновения фосфидов с активным водородом, а электролит содержал бы минимальное количество ионов водорода. Наилучшие результаты были получены при подборе следующих режимов изолирования. Образец метеорита находится внутри коллодиевого мешочка. Стенки коллодиевого мешочка работают как мембрана, свободно пропуская ионы, и являются преградой для крупных молекулярных соединений и включений. Стакан и коллодиевый мешочек электролитической ячейки наполнены электролитом Поповой Н.М. (75г хлорида калия в литре 0,5% раствора лимонной кислоты). pH раствора близка к нейтральной, этот раствор применяется специально для выделения неустойчивых карбидов в «мягких» условиях. Плотность тока подбиралась экспериментально. При подборении определённого потенциала (30 мА/см^2) происходит растворение основной фазы, а фосфид изолируется. При накоплении анодного осадка возможна потеря механического контакта изолированных частиц с поверхностью и осыпание их с электрода, частицы выходят из-под потенциостатического контроля (катодная защита) и принимают собственный потенциал коррозии, при котором растворяется с соответствующей (хотя может быть и малой) скоростью. Поэтому для накопления количества осадка необходимо проводить несколько последовательных кратковременных изолирований. В результате проделанной работы было получено 35,2 мг рабдита.

В данной работе впервые был получен мессбауэровский спектр рабдита. Данный спектр имеет неожиданный вид, он сильно отличается от спектра шрейберзита, хотя состав и кристаллическую структуру их считали одинаковой. Наблюдаемый спектр характерен для соединения железа в состоянии релаксации, т.е. в начале магнитного фазового перехода. Для более детального изучения выделенного рабдита требуется дополнительное измерение мессбауэровских спектров при низких температурах. В этом случае мы можем ожидать завершение магнитного фазового перехода, что приведет к появлению в мессбауэровских спектрах одного или нескольких магнитных секстетов, по которым можно будет провести фазовый анализ образца.